

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

СОДЕРЖАНИЕ КРЕМНИЯ, ВАНАДИЯ, НИКЕЛЯ, ОЛОВА И СТРОНЦИЯ
В ВОЛОСАХ, СЫВОРОТКЕ КРОВИ И МОЧЕ У СТУДЕНТОВ
ИЗ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ И БЛИЖНЕГО ВОСТОКАЕ.Ю. Афанасьева^{1,2*}, М.И. Пугачев¹, С.Е. Николаев¹, И.И. Лапин^{1,3}, А.Р. Грабеклис^{1,3}¹ Российский университет дружбы народов
Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.² ФГБУ «НМИЦК имени академика Е.И. Чазова» Минздрава России
Российская Федерация, 121552, г. Москва, ул. Академика Чазова, д. 15а³ Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,
Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Трубецкая д. 8, стр.2

РЕЗЮМЕ. Цель работы – сравнительный анализ содержания кремния, ванадия, никеля, олова и стронция в трех биосубстратах (волосы, сыворотка крови и моча), взятых у российских и иностранных студентов Российского университета дружбы народов (РУДН) первого года обучения и определение особенности элементного статуса учащихся из Московского региона России, стран Центральной Азии и Ближнего Востока в период их адаптации к новому месту пребывания и обучения.

Материалы и методы. Определены особенности элементного статуса учащихся из Московского региона России, стран Центральной Азии и Ближнего Востока в период их адаптации к новому месту пребывания и обучения. Для анализа использован метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС).

Результаты. Проведенный анализ свидетельствует о повышенной кумуляции некоторых элементов, особенно никеля, ванадия и кремния в организме первокурсников, прибывших из стран Центральной Азии и Ближнего Востока по сравнению со студентами из Московского региона России. В будущем это может оказывать негативное влияние на состояние здоровья и способность к обучению студентов-иностранцев. Следует отметить, что некоторые из представленных элементов обладают малоизученными терапевтическими эффектами.

Выводы. Необходимы дальнейшие исследования влияния элементного статуса на здоровье людей, которые могут быть положены в основу разработки новой системы скрининга и профилактики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: элементный статус, волосы, сыворотка крови, моча, кремний, ванадий, никель, олово, стронций, студент.

Для цитирования: Афанасьева Е.Ю., Пугачев М.И., Николаев С.Е., Лапин И.И., Грабеклис А.Р. Содержание кремния, ванадия, никеля, олова и стронция в волосах, сыворотке крови и моче у студентов из стран Центральной Азии и Ближнего Востока. Микроэлементы в медицине. 2024;25(1):32–39. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-1-32-39.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике набирает популярность тенденция лечения различных патологий путем исследования и коррекции элементного статуса человека. На данный момент имеется довольно мало работ, которые давали бы представление о том, как состав микро- и макроэлементов может коррелировать с местом проживания людей. Получаемые из окружающей среды элементы оказывают на организм серьезное влияние, что подтверждается многочисленными исследованиями (Скальный, 2004; Yadav, et al. 2023). Это касается

эссенциальных элементов, например, кальция (Ca), магния (Mg), фосфора (P), калия (K), натрия (Na), а также условно эссенциальных – ванадия (V), кремния (Si) и других. Особенного внимания требуют к себе токсичные элементы, такие как никель (Ni), олово (Sn), стронций (Sr) (Скальный 2004; Полянская, 2014).

Никель и олово активно используются в промышленности, что приводит к загрязнению окружающей среды. Основными путями попадания этих металлов в организм человека являются питание, вдыхание и оседание на коже частиц

* Адрес для переписки:
Афанасьева Елена Юльевна
E-mail: embroilment@gmail.com

пыли (Martinez-Morata, et al. 2023). Соединения олова обладают высокой цитотоксичностью, влияя на макромолекулы клетки и функции митохондрий (Милаева, et al., 2021). В исследовании (Яковлева, 2007) показано, что никель и его соединения способны ингибировать процессы репарации ДНК и относятся к канцерогенам первой группы по классификации МАИР (IARC, 1990). На моделях животных продемонстрировано, что никель может быть связан с изменениями двигательной активности, памяти и нарушениями обучения, наряду с наличием тревожных и депрессивноподобных симптомов. Никель стимулирует нейротоксичность, в первую очередь за счет индукции окислительного стресса, который приводит к нарушениям функций нейронов (Вай, 2023).

На организм человека стронций оказывает токсическое действие как нервный и мышечный яд. Гидроксид стронция ($\text{Sr}(\text{OH})_2$) вызывает ожоги слизистой оболочки и кожи. Попадание солей стронция пероральным путем приводит к желудочно-желудочным расстройствам и параличам. При избытке стронция в организме теплокровных поражается прежде всего костная ткань, печень и кровь (Сергеевич, 2012).

Известно, что кремний важен для оптимального синтеза коллагена и активации ферментов гидроксирования, поскольку увеличивает прочность ногтей, снижает риск выпадения волос и повышает эластичность кожи (Araújo, et al. 2016). Однако в составе некоторых соединений, например диоксида кремния (SiO_2), этот химический элемент может оказывать повреждающее действие на клетки животных и человека *in vitro*, кроме того, он обладает ингаляционной токсичностью (Зайцева, et al., 2014).

Соединения ванадия часто применяются в тяжелой промышленности как при производстве, так и в качестве катализатора химических реакций. Из-за растущего использования этого элемента увеличивается риск профессиональной интоксикации, а также воздействие на окружающую среду (Fatola, et al. 2019). Имеются данные о нейротоксичности ванадия, однако в малых концентрациях он не опасен, и его соединения могут иметь медицинское применение в качестве регулятора метаболических функций организма и иммуностимулятора (Tripathi, et al., 2018).

Иностранные студенты первого года обучения имеют различный элементный статус, что может сказываться на процессе их адаптации к новым условиям в другой стране. То же самое

может касаться учащихся из разных регионов России. Вследствие этого проведенное авторами исследование актуально с точки зрения разработки методик скрининга и коррекции элементного статуса человека (Skalny, et al., 2019; Rakhmanin, et al., 2020).

Ц е л ь и с с л е д о в а н и я – проанализировать содержание кремния, ванадия, никеля, олова и стронция в трех биосубстратах, взятых у российских и иностранных студентов Российского университета дружбы народов (РУДН) первого года обучения, и определить особенности элементного статуса учащихся из Московского региона России, стран Центральной Азии (ЦА) и Ближнего Востока (БВ) в период их адаптации к новому месту пребывания и обучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 1 сентября 2022 г. по 1 января 2023 г. лаборатория АНО «Центр биотической медицины» провела определение элементного статуса 350 студентов РУДН имени Патриса Лумумбы первого года обучения в возрасте 18–26 лет, проживавших ранее в странах Центральной Азии (170 чел.), Ближнего Востока (60 чел.) и районах Центральной России (120 чел.). Средний возраст обследуемых $22,7 \pm 3$ года. Гендерного различия в группах сравнения не учитывали. Критериями исключения являлось наличие соматических заболеваний и специфические диеты (вегетарианство, сыроедение). Обследование проводили в рамках первого медицинского осмотра при поступлении в университет, непосредственно после приезда в Москву, с целью исключения влияния состава местных продуктов на элементный статус. Количественная оценка в трех биосубстратах (волосы, моча, волосы) по пяти химическим элементам (кремний, ванадий, никель, олово, стронций) выполнена в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) по стандартной методике (2003).

У обследуемых производили забор образцов волос, мочи и сыворотки крови.

Исследования проведены в полном соответствии с этическими стандартами и предписаниями, обозначенными в Хельсинской декларации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» (1965), и ее более поздними редакциями. Перед включением в группу обследуемых всем участникам были

озвучены цели и задачи исследования, а также объяснены все проводимые процедуры с последующим получением информированного согласия на участие в обследовании.

Для анализа волос использовалась прикорневая (2–3 см) часть прядей, состриженных с затылочной части головы. Образцы волос, обрабатывали ацетоном (ОСЧ) для обезжиривания и удаления посторонних включений (частиц пыли, бытовых химикатов) в течение 10–15 мин и трижды промывали дистиллированной водой. Затем образцы высушивали до воздушно-сухого состояния.

Пробоподготовку проводили с использованием микроволнового разложения: 0,05 г волос помещали в тефлоновый контейнер и добавляли 1 мл концентрированной азотной кислоты. Разложение осуществлялось в микроволновой печи Berghof speedwave®four (Berghof Products + Instruments GmbH, Германия) в течение 20 мин при температуре 170–180 °С.

Среднюю порцию утренней мочи отбирали в стандартные полипропиленовые контейнеры. Полученные образцы разбавляли дилуентом в соотношении 1:15. Дилуент состоит по объему из 1% 1-Butanol (#1.00988, Merck KGaA, Германия), 0,1% Triton X-100 (Sigma #T9284 Sigma-Aldrich, Co., США) и 0,07% HNO₃ (Fluka #02650 Sigma-Aldrich, Co., США) в дистиллированной деионизованной воде с удельным сопротивлением 18,2 МОм·см (#9000602, Labconco Corp., США).

Кровь из локтевой вены брали с использованием системы для взятия венозной крови «Vacuette» (Greiner Bio-One, Австрия) с последующим центрифугированием в течение 10 мин при 1600 об/мин и отбором сыворотки в пробирки типа Eppendorf. Эту процедуру осуществляла процедурная медицинская сестра в условиях лаборатории. Для получения сыворотки кровь отбирали в системы Vacuette – красная крышка (Greiner Bio-One International AG, 4550 Krefeld, Germany). Контроль качества анализов при исследовании элементного состава сыворотки крови проводили с использованием стандартного образца ClinChek Plasma Control, level 1 и 2, Германия.

Образцы хранили в холодильной камере при –40 °С, транспортировали в лабораторию в замороженном состоянии в термоконтейнерах. Перед анализом образцы сыворотки крови и мочи подвергали пробоподготовке, которую выполняли в соответствии с методическими рекомендациями «Порядок забора, хранения и транспортировки

биосубстратов для определения химических элементов», разработанными АНО «Центром биотической медицины». Анализ исследуемых образцов проводили в лаборатории АНО «Центр биотической медицины», аккредитованной в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии (аттестат аккредитации РОСС RU.0001.22ПЯ05). Полученные образцы напрямую вводили в ИСП-МС-систему Nexion 300D (PerkinElmer Inc., Shelton, США), оснащенную газонаполняемой ячейкой системы DRC для удаления интерференций и семипортовым дозирующим клапаном FAST, а также автодозатором ESI SC DX4 (Elemental Scientific Inc., США).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета Statistica 10.0 (StatSoft Inc., 2011) для OS Windows и Microsoft Excel для Microsoft Windows. Распределение данных о содержании химических элементов не являлось гауссовским в соответствии с результатами теста Шапиро–Уилка. В связи с этим медиана и границы 25-го и 75-го перцентилей использовались в качестве описательных статистик. Достоверность групповых различий оценивали с применением U-критерия Манна–Уитни. Для всех статистических тестов уровень достоверности определяли как $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования демонстрируют существенные различия содержания кремния, ванадия, никеля, олова и стронция в трех биосубстратах первокурсников.

Содержание кремния в волосах студентов из стран Ближнего Востока в 1,6 раза больше, чем у студентов Московского региона России ($p < 0,003$), а в волосах студентов из стран Центральной Азии в 1,4 раза больше, чем в волосах студентов из Московского региона России ($p < 0,001$). Кроме того, содержание кремния в волосах студентов из стран Ближнего Востока и Центральной Азии различается незначительно ($p = 0,687$) отличие статистически недостоверно (табл. 1).

Концентрация ванадия в волосах студентов трех регионов различается незначительно. В моче содержание ванадия у студентов из Московского региона России в 7,2 и 4,6 раза меньше, чем у студентов из стран Центральной Азии ($p < 0,001$) и Ближнего Востока ($p < 0,001$) соответственно, а у студентов из стран Центральной Азии в 1,6 раза больше, чем у студентов из стран

Ближнего Востока ($p<0,001$). В сыворотке крови у студентов из Московского региона России в 4,7 и 4,2 раза больше, чем у студентов из стран Центральной Азии ($p<0,001$) и Ближнего Востока ($p<0,001$) соответственно (табл. 2).

Содержание стронция в волосах студентов из Московского региона России в 1,5 раза больше, чем в волосах студентов из стран Ближнего

Востока ($p=0,443$), отличие статистически недостоверно, и в 1,6 раза меньше, чем в волосах студентов из стран Центральной Азии ($p=0,216$), отличие статистически недостоверно. В волосах студентов из стран Ближнего Востока содержание стронция в 2,3 раза меньше, чем в волосах студентов из стран Центральной Азии ($p<0,013$) (табл. 3).

Таблица 1. Содержание кремния (мкг/г) в волосах студентов из стран Центральной Азии (ЦА), Ближнего Востока (БВ), Московского региона России (МР)

Показатель	Центральная Азия ($n=66$)	Ближний Восток ($n=55$)	Московский регион ($n=70$)	p
Me	30,1	34,3	21,2	$p_{БВvsЦА} = 0,687$ $p_{МРvsЦА} < 0,001$ $p_{МРvsБВ} < 0,003$
Q1–Q3	24,1–42,7	26,2–43,5	15,4–33,4	

Примечание: данные представлены в виде медианы Me, нижнего Q₂₅ и верхнего Q₇₅ квартилей (Q1 – Q3), n – число обследуемых; $p<0,05$.

Таблица 2. Содержание ванадия в различных биосубстратах студентов из стран Центральной Азии (ЦА), Ближнего Востока (БВ), Московского региона России (МР)

Субстрат	Показатель	Центральная Азия	Ближний Восток	Московский регион	p
Волосы (мкг/г)	n	66	55	70	–
	Me	0,018	0,024	0,022	$p_{БВvsЦА}=0,998$ $p_{МРvsЦА} = 0,929$ $p_{МРvsБВ}=0,986$
	Q1–Q3	0,015–0,021	0,012–0,041	0,013–0,039	
Моча (мкг/мл)	n	152	55	46	–
	Me	0,000567	0,00036	0,000079	$p_{БВvsЦА}<0,001$ $p_{МРvsЦА} < 0,001$ $p_{МРvsБВ}<0,001$
	Q1–Q3	0,000393–0,000815	0,000096–0,00066	0,0000531–0,00013	
Сыворотка крови (мкг/мл)	n	170	60	120	–
	Me	0,001341	0,00148	0,006241	$p_{БВvsЦА}<0,051$ $p_{МРvsЦА} < 0,001$ $p_{МРvsБВ}<0,001$
	Q1–Q3	0,001169–0,001628	0,00125–0,00424	0,005519–0,006689	

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 3. Содержание стронция (мкг/г) в волосах студентов из стран Центральной Азии (ЦА), Ближнего Востока (БВ), Московского региона России (МР)

Показатель	Центральная Азия ($n=57$)	Ближний Восток ($n=39$)	Московский регион ($n=31$)	p
Me	4,27	1,83	2,74	$p_{БВvsЦА}<0,013$ $p_{МРvsЦА} = 0,216$ $p_{МРvsБВ} = 0,443$
Q1–Q3	2,29–10,55	0,86–5,5	1,13–9,5	

Примечание: см. табл. 1.

Содержание никеля в волосах студентов из Московского региона России в 2,2 и 1,7 раза меньше, чем в волосах студентов из стран Центральной Азии ($p<0,001$) и Ближнего Востока ($p<0,041$) соответственно, а в волосах студентов из стран Ближнего Востока в 1,3 раза меньше, чем у студентов из стран Центральной Азии ($p=0,118$), отличие статистически недостоверно. В моче и сыворотке крови студентов из стран Ближнего Востока и Центральной Азии содержание никеля различается незначительно. Содержание никеля в моче студентов из Московского региона России в 1,4 раза меньше, чем в моче студентов как из стран Центральной Азии ($p<0,001$), так и Ближнего Востока ($p<0,001$). Содержание никеля в сыворотке крови студентов из Московского региона России меньше в 2,6 раза, чем у студентов как из стран Центральной Азии ($p<0,001$), так и Ближнего Востока ($p<0,001$) (табл. 4).

Содержание олова в волосах студентов из Московского региона России в 1,6 и 2 раза больше, чем в волосах студентов из стран Центральной Азии ($p=0,112$), отличие статистически недостоверно, и Ближнего Востока ($p<0,018$) соответственно. В волосах студентов из стран Ближнего Востока содержание олова в 1,2 раза меньше, чем у студентов из стран Центральной Азии ($p=0,296$), отличие статистически недостоверно. В моче студентов из стран Ближнего Востока в 1,3 раза больше, чем у студентов Центральной Азии ($p=0,282$), отличие статистически недостоверно. В моче студентов из Московского региона России содержание олова в 1,5 раза больше, чем в моче студентов из стран Центральной Азии ($p<0,087$), различается незначительно с аналогичными показателями у студентов из стран Ближнего Востока ($p=0,711$), отличие статистически недостоверно (табл. 5).

Таблица 4. Содержание никеля в различных биосубстратах студентов из стран Центральной Азии (ЦА), Ближнего Востока (БВ), Московского региона России (МР)

Субстрат	Показатель	Центральная Азия	Ближний Восток	Московский регион	p
Волосы, мкг/г	n	66	55	70	—
	Me	0,69	0,53	0,31	$p_{БВvsЦА}=0,118$ $p_{МРvsЦА}<0,001$ $p_{МРvsБВ}<0,041$
	Q1–Q3	0,304–1,08	0,217–0,885	0,181–0,588	
Моча, мкг/мл	n	152	55	46	—
	Me	0,010	0,011	0,007	$p_{БВvsЦА}<0,003$ $p_{МРvsЦА}<0,001$ $p_{МРvsБВ}<0,001$
	Q1–Q3	0,007–0,013	0,007–0,015	0,005–0,010	
Сыворотка крови, мкг/мл	n	170	60	120	—
	Me	0,0022	0,0021	0,0008	$p_{БВvsЦА}=0,451$ $p_{МРvsЦА}<0,001$ $p_{МРvsБВ}<0,001$
	Q1–Q3	0,0018–0,0047	0,0009–0,0050	0,0005–0,0011	

Примечание: см. табл. 1.

Таблица 5. Содержание олова (мкг/г) в волосах студентов из стран Центральной Азии (ЦА), Ближнего Востока (БВ), Московского региона России (МР)

Показатель	Центральная Азия ($n=66$)	Ближний Восток ($n=55$)	Московский регион ($n=70$)	p
Me	0,11	0,09	0,18	$p_{БВvsЦА}=0,296$ $p_{МРvsЦА}=0,112$ $p_{МРvsБВ}<0,018$
Q1–Q3	0,07–0,20	0,05–0,20	0,07–0,40	

Примечание: см. табл. 1.

Объединение результатов содержания кремния, ванадия, никеля, олова и стронция в трех биосубстратах (волосы, сыворотка крови и моча) обследуемых из разных стран может дать представление об определенных особенностях элементного статуса у жителя каждого региона. Самые значимые различия в содержании элементов наблюдаются в моче и сыворотке крови.

Особенно выделяется содержание ванадия в моче: у студентов из Московского региона России в 7,2 и 4,6 раза меньше, чем у студентов из стран Центральной Азии и Ближнего Востока соответственно. В сыворотке крови содержание ванадия у студентов из Московского региона России в 4,7 и 4,2 раза больше, чем у студентов из стран Центральной Азии и Ближнего Востока соответственно. Также содержание никеля в волосах студентов из Московского региона России в 2,2 и 1,7 раза меньше, чем в волосах студентов из стран Центральной Азии и Ближнего Востока соответственно. Кроме того, содержание никеля в сыворотке крови студентов из Московского региона России меньше в 2,6 раза, чем у студентов как из стран Центральной Азии, так и Ближнего Востока.

С учетом ранее проводимых исследований по выявлению стрессовых реакций у студентов-иностранцев, обучающихся на первом курсе РУДН (Skalny, et al., 2019; Киричук et al., 2019; Rakhmanin, et al., 2020), можно предположить, что избыточная кумуляция элементов, таких как кремний, ванадий, никель, олово и стронций вследствие загрязнения окружающей среды из начального места проживания, вероятно оказывает влияние на способность организма адаптироваться к новым условиям. Благодаря широко-

му спектру механизмов токсичности, данные элементы могут способствовать росту заболеваемости и снижению эффективности обучения у студентов-иностранцев, (Jaishankar, et al., 2014).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ свидетельствует о повышенной кумуляции некоторых элементов (особенно никеля, ванадия и кремния) в организме первокурсников, прибывших из стран Центральной Азии и Ближнего Востока по сравнению со студентами из Московского региона России, а также кумуляции стронция в организме первокурсников, прибывших из стран Центральной Азии. Это может оказывать негативное влияние на состояние здоровья и способность к обучению студентов-иностранцев. Однако у некоторых из представленных элементов есть мало изученные терапевтические эффекты. Необходимы дальнейшие исследования влияния элементного статуса на здоровье людей, которые могут быть положены в основу разработки новой системы скрининга и профилактики.

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ЛИТЕРАТУРА

- Зайцева Н.В., Землянова М.Н., Звездин В.Н., Довбыш А.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А., et al. Токсикологическая оценка наноструктурного диоксида кремния. Параметры острой токсичности. Вопросы питания. 2014; 83: 42–49.
- Киричук А.А., Радыш И.В., Чижов А.Я. Активность, дисбаланс и адаптационные реакции функциональных систем организма иностранных студентов российского университета дружбы народов в условиях мегаполиса. Экология человека (Human Ecology). 2019; 26: 20–25.
- Киричук А.А., Скальный А.А., Лобанова Ю.Н., Баринев А.В., Титов Н.В., Чернявко А.И., Ткаченко Б.Д., Чижов А.Я. Особенности содержания калия, натрия, кальция, магния, фосфора в волосах у иностранных студентов мужского пола первого года обучения. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019; 22(12): 51–57.
- Милаева Е.Р., Доходова М.А., Шпаковский Д.Б., Антоненко Т.А. Механизмы цитотоксического действия оловоорганических соединений. Биомедицина. 2021; 17: 88–99.
- Полянская И.С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии. Молочнохозяйственный вестник. 2014: 34–42.
- Сергеевич А.Л. Очистка питьевой воды от стабильного стронция. Природообустройство. 2012: 56–58.
- Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. Москва, 2004. 216 р.
- Яковлева М.Н. Генотоксические эффекты соединений никеля и возможности модификации никель-индуцированного мутагенеза в клетках человека. Токсикологический вестник. 2007: 19–22.
- МУК 4.1.1483-03. Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой. 2003.

Araújo L.A. de, Addor F., Campos P.M.B.G.M. Use of silicon for skin and hair care: an approach of chemical forms available and efficacy. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 2016; 91: 0331–0335.

Baj J., Bargiel J., Cabaj J., Skierkowski B., Hunek G., Portincasa P., Flieger J., Smoleń A. Trace Elements Levels in Major Depressive Disorder–Evaluation of Potential Threats and Possible Therapeutic Approaches. 2023, Oct 11; 24(20): 15071. DOI: 10.3390/ijms242015071.

Fatola O.I., Olaolorun F.A., Olopade F.E., Olopade J.O. Trends in vanadium neurotoxicity. *Brain Research Bulletin*. 2019; 145: 75–80.

IARC. Agents Classified by the IARC Monographs. 1990: 1–134.

Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B.B., Beeregowda K.N. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 2014; 7: 60–72.

Martinez-Morata I., Sobel M., Tellez-Plaza M., Navas-Acien A., Howe C.G., Sanchez T.R. A State-of-the-Science Review on Metal Biomarkers. *Current environmental health reports*. 2023. 10: 215–249.

Rakhmanin Y.A., Kirichuk A.A., Skalny A.A., Tinkov A.A., Chizhov A.Ya., Skalny A.V. Особенности содержания токсичных металлов в волосах студентов-иностранцев, обучающихся в Российском университете дружбы народов (РУДН). *Hygiene and sanitation*. 2020; 99: 733–737.

Tripathi D., Mani V., Pal R.P. Vanadium in Biosphere and Its Role in Biological Processes. *Biological Trace Element Research*. 2018; 186: 52–67.

Yadav M., George N., Dwibedi V. Emergence of toxic trace elements in plant environment: Insights into potential of silica nanoparticles for mitigation of metal toxicity in plants. *Environmental Pollution*, 2023; 333: 122112.

CONTENT OF SILICON, VANADIUM, NICKEL, TIN AND STRONTIUM IN HAIR, BLOOD SERUM AND URINE IN STUDENTS FROM CENTRAL ASIA AND THE MIDDLE EAST

E.Yu. Afanasyeva^{1,2}, M.I. Pugachev¹, S.E. Nikolaev¹, I.I. Lapin^{1,3}, A.R. Grabeklis^{1,3}

¹ National Medical Research Center of Cardiology named after academician E.I. Chazov, Ministry of Health of Russia str., 15a, Akademika Chazova, Moscow, 121552, Russian Federation

² RUDN University, 6 Miklukho-Maklaya St. Moscow, 117198, Russian Federation

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University) 8, building, Trubetskaya street, Moscow, 211991, Russian Federation

ABSTRACT. The work purpose – a comparative analysis of the content of silicon, vanadium, nickel, tin and strontium in three biosubstrates (hair, blood serum and urine) taken from Russian and foreign students of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN) in the first year of study and determination of the features of the elemental status students from the Moscow region of Russia, countries of Central Asia and the Middle East during the period of their adaptation to a new place of residence and study.

Materials and methods. The features of the elemental status of students from the Moscow region of Russia, the countries of Central Asia and the Middle East during the period of their adaptation to a new place of stay and study were determined. The method of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was used for analysis.

Results. The analysis indicates an increased accumulation of some elements, especially nickel, vanadium and silicon in the bodies of first-year students who arrived primarily from the countries of Central Asia and the Middle East compared to students from the Moscow region of Russia. In the future, this may have a negative impact on the health and learning ability of foreign students. It should be noted that some of the presented elements have little studied therapeutic effects.

Conclusions. Further research is needed into the influence of elemental status on people's health, which can serve as the basis for the development of a new screening and prevention system.

KEYWORDS: elemental status, hair, blood serum, urine, silicon, vanadium, nickel, tin, strontium, student.

For citation: Afanasyeva E.Yu., Pugachev M.I., Nikolaev S.E., Lapin I.I., Grabeklis A.R. Content of silicon, vanadium, nickel, tin and strontium in hair, blood serum and urine in students from Central Asia and the Middle East. *Trace elements in medicine*. 2024;25(1):32–39. DOI: 10.19112/2413-6174-2024-25-1-32-39.

REFERENCES

- Zaitseva N.V., Zemlyanova M.N., Zvezdin V.N., Dovbysh A.A., Gmshinsky I.V., Khotimchenko S.A., et al. Toxicological assessment of nanostructured silica. Acute toxicity parameters. *Nutrition Issues*. 2014; 83: 42–49 [in Russ.].
- Kirichuk A.A., Radysh I.V., Chizhov A.Ya. Activity, imbalance and adaptive reactions of the functional systems of the body of foreign students of the Russian Peoples' Friendship University in a metropolis. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2019; 26: 20–25 [in Russ.].
- Kirichuk A.A., Skalny A.A., Lobanova Yu.N., Barinov A.V., Titov N.V., Chernyavka A.I., Tkachenko B.D., Chizhov A.Ya. Features of the content of potassium, sodium, calcium, magnesium, phosphorus in the hair of foreign male students of the first year of study. *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2019; 22(12): 51–57 [in Russ.].
- Milaeva E.R., Dokhodova M.A., Shpakovsky D.B., Antonenko T.A. Mechanisms of cytotoxic action of organotin compounds. *Biomedicine*. 2021; 17: 88–99 [in Russ.].
- Polyanskaya I.S. New classification of bioelements in bioelementology. *Dairy Bulletin*. 2014: 34–42 [in Russ.].
- Sergeevich A.L. Purification of drinking water from stable strontium. *Environmental management*. 2012: 56–58 [in Russ.].
- Skalny A.V. Chemical elements in human physiology and ecology. Moscow. 2004; 216 p. [in Russ.].
- Yakovleva M.N. Genotoxic effects of nickel compounds and the possibility of modifying nickel-induced mutagenesis in human cells. *Toxicology Bulletin*. 2007: 19–22 [in Russ.].
- MUK 4.1.1483-03. Determination of the content of chemical elements in diagnosed biosubstrates, preparations and dietary supplements using mass spectrometry with inductively coupled argon plasma. 2003 [in Russ.].
- Araújo L.A. de, Addor F., Campos P.M.B.G.M. Use of silicon for skin and hair care: an approach of chemical forms available and efficacy. *Anais Brasileiros de Dermatologia*. 2016; 91: 0331–0335.
- Baj J., Bargiel J., Cabaj J., Skierkowski B., Hunek G., Portincasa P., Flieger J., Smoleń A. Trace Elements Levels in Major Depressive Disorder–Evaluation of Potential Threats and Possible Therapeutic Approaches. 2023, Oct 11; 24(20): 15071. DOI: 10.3390/ijms242015071.
- Fatola O.I., Olaolorun F.A., Olopade F.E., Olopade J.O. Trends in vanadium neurotoxicity. *Brain Research Bulletin*. 2019; 145: 75–80.
- IARC. Agents Classified by the IARC Monographs. 1990: 1–134.
- Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B.B., Beeregowda K.N. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 2014; 7: 60–72.
- Martinez-Morata I., Sobel M., Tellez-Plaza M., Navas-Acien A., Howe C.G., Sanchez T.R. A State-of-the-Science Review on Metal Biomarkers. *Current environmental health reports*. 2023. 10: 215–249.
- Rakhmanin Y.A., Kirichuk A.A., Skalny A.A., Tinkov A.A., Chizhov A.Ya., Skalny A.V. Особенности содержания токсичных металлов в волосах студентов-иностранцев, обучающихся в Российском университете дружбы народов (РУДН). *Hygiene and sanitation*. 2020; 99: 733–737.
- Tripathi D., Mani V., Pal R.P. Vanadium in Biosphere and Its Role in Biological Processes. *Biological Trace Element Research*. 2018; 186: 52–67.
- Yadav M., George N., Dwibedi V. Emergence of toxic trace elements in plant environment: Insights into potential of silica nanoparticles for mitigation of metal toxicity in plants. *Environmental Pollution*, 2023; 333: 122112.